주의력결핍 과잉운동장애 환아에서 주의력 과제와 관련된 대뇌의 기능적 국소화

신동원* · 송동호* · 전덕인* · 남궁기*† · 이만홍* · 이홍식* · 민성길*

Cerebral Functional Localization Related to Attentional Work in Patients with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder

Dong Won Shin, M.D.,* Dong Ho Song, M.D.,* Duk-In Jon, M.D.,* Kee Namkoong, M.D.,*† Man Hong Lee, M.D.,* Hong-Shick Lee, M.D.,* Sung Kil Min, M.D.*

국문초록

연구목적 :

주의력결핍 과잉운동장애는 주의력에 결함이 있는 장애이다. 주의력에 주로 관여하는 부위는 전두엽과 두정엽으로서 이전 연구에서 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 전두엽과 두정엽의 이상에 대하여 보고되어 왔으나, 대부분 안정상태에서 정상인과 비교한 연구들이다. 이에 본 연구는 주의력결핍 과잉운동장애 환자가 주의를 요하는 과제를 실행하는 동안 활성화되는 뇌의 양상을 정량화 뇌파를 이용하여 파악하고, 활성화 양상에 있어 정상인과의 차이점을 확인해 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 주의력 결함과 관계된 뇌의 국소적 병태를 밝히고자 하였다. 또한 주의력결핍 과잉운동장애의 치료제인 methylphenidate를 주의력결핍 과잉운동장애 환자에게 투여하여 주의력 과제 중에 활성화되는 뇌 양상의 변화를 알아보고, 치료제가 주의력을 높이는 기전에 대한 이해를 넓히고자 하였다.

방 법 :

연구 대상자는 환자 20명, 정상인 20명으로 총 40명이었다. 두 군은 성별, 나이, 손잡이, 지능에 있어서 차이가 없도록 선발되었다. 정상인은 안정 상태와 주의력 과제를 실행하는 동안 정량화 뇌파를 측정하였다. 환자군은 methylphenidate를 투여한 상태와 투여하지 않은 상태에서 각각 안정 상태와 주의력 과제를 실행하는 동안 정량화 뇌파를 측정하였다.

결 과 :

본 연구의 결과는 다음과 같다.

1) 집중력 검사상, 정상대조군이 투약 전 환자군에 비해 목표자극에 대한 정반응 시간과 목표 자극에 대한 정반응 시간의 표준편차에 있어 유의하게 낮은 점수를 보여 집중력이 좋음을 알 수 있었다. 환자군은 누락 오류, 목표 자극에 대한 평균 정반응 시간, 표준편차에 있어 투약 전에 비해 투약 후에 유의하게 낮은 점수를 얻어, 투

접수일자 : 1999년 2월 5일
심사완료 : 1999년 4월 7일
*연세대학교 의과대학 정신과학교실
Department of Psychiatry, Yonsei University College of Medicine, Seoul
†*Corresponding author*

약 후 집중력이 유의하게 호전됨을 확인하였다. 정상 대조군과 투약 후 환자군 사이에 집중력 검사상 차이는 없었다.

2) 안정상태에서 얻은 정량화 뇌파의 모든 파 영역에서 환자군은 정상군에 비해 유의하게 뇌파의 전위가 증가해 있었다.

3) 정량화 뇌파의 delta 파 영역에서 뇌파를 분석한 결과, 정상 대조군의 경우, 주의력 과제 중에는 안정상태에 비하여 두정-후두엽 부위의 전위가 유의하게 증가하였으나, 환자군에서는 주의력 과제 중에 유의하게 전위가 증가하는 부위가 없어, 국소화한 뇌 활성 변화를 관찰할 수 없었다.

4) Theta 파 영역에서, 정상 대조군의 경우, 주의력 과제 중에는 안정상태에 비해 우측 전두엽, 우측 측두엽, 양측 두정-후두엽 부위에서 전위가 유의하게 증가하였다. 그러나 환자군에서 투약하기 전에는 유의하게 증가하는 부위가 없었다. 환자군에서 투약 후에는 우측 전두엽, 우측 측두엽, 양측 두정-후두엽 부위에서 유의하게 전위가 증가해, 정상 대조군과 유사한 뇌활성도의 변화 양상을 보였다.

5) Alpha 파 영역에서, 정상 대조군의 경우, 주의력 과제 중에는 안정상태와 비교해 두정-후두엽 부위만이 유의하게 뇌파가 증가하는 반면, 투약하지 않은 환자군의 경우 광범위한 부위에서 유의하게 뇌파가 증가하여 뇌 활성 변화 부위가 국소화되지 않았다.

6) Beta 파 영역에서, 정상 대조군의 경우 안정상태에 비해 주의력 과제 중에는 좌측 전두엽과 Cz 부위만이 유의하게 전위가 증가하는 반면, 투약 하지 않은 환자군의 경우 거의 모든 뇌부위에서 전위가 유의하게 증가해 뇌의 활성 변화 부위가 국소화되지 않았다. 투약한 후에는 좌측 전두엽과 양측 측두엽의 뇌파가 유의하게 증가해 국소화한 뇌 활성 변화 양상을 보였다.

결 론 :

주의력결핍 과잉운동장애 환자는 안정상태에서 정상인과 비교해 뇌파상 비정상적으로 활성화되어 있다. 정상인의 경우, 공간 자극에 관계된 주의력 과제 실행시 주로 전두엽과 두정-후두엽이 활성화되었으나 주의력결핍 과잉운동장애 환자는 국소적인 뇌활성화에 실패하였다. 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 주의력 결함은 전두엽과 두정-후두엽 부위의 병태와 관련이 있을 것으로 사료된다.

중심 단어 : 주의력결핍 과잉운동장애 · 주의력 결함 · 정량화 뇌파 · 국소적 병태 · 전두엽 · 두정-후두엽.

서 론

주의력결핍 과잉운동장애 소아는 지속적이고 조직적인 집중을 요하는 작업에서 정상 소아에 비해 더 많은 오류를 범하고, 오랜 기간 동안 주의력을 유지하기 어렵다. 또한 숙고하지 않고 성급하고 부정확한 반응을 보이는 경향이 있다.[1] 주의력결핍 과잉운동장애의 과활동성은 환자의 연령이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있으나 주의력 결핍은 동일연령의 정상 소아와 비교하여 볼 때 상당기간 지속된다.[2]

주의집중에 주로 관여하는 뇌부위는 후두정엽, 후외측 시상의 외측 시상침핵(pulvinar nucleus), 그리고 소구(colliculus)들이다.[3] 문자의 형태로 표시된 목표물의 인식에는 전두엽이 관여하지만, 단순한 형태의 인식에는 후두정엽이 중추적인 역할을 한다.[3] 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 집중력을 측정하기 위해 고안된 검사중의 하나인 Test of Variables of Attention(이하 T.O.V.A.)은 환자에게 단순한 사각형의 위치 판별을 요구하므로, 후두정엽의 기능을 비교적 예민하게 반영할 것으로 생각되는데, 주의력결핍 과잉운동장애 소아는 정상 소아에 비해 T.O.V.A.에서 측정한 주의력을 반영하는 점수가 더 떨어짐이 확인되므로,[4] 주의력결핍 과잉운동장애에서 후두정엽의 기능에 이상이 있음을 간접 추론할 수 있겠다.

주의력결핍 과잉운동장애의 증상은 뇌의 catecholamine체계의 이상과 관계가 있을 것으로 추정되고 있다.[5] Norepinephrine 신경분포는 후두정엽, 시상침, 그리고 상부 소구에 가장 풍부하게 존재하는데, 이들은 후두부의 주의 집중 체계와 관련된 부위이므로 norepinephrine이 후두부의 주의 집중 체계와 관련이 있음을 추론할 수 있다. 정상인에 있어 청반(locus ceruleus)

은 기본적으로 낮은 긴장 활동성을 유지하고 있다. 그러나 주의 집중시에는 후두정엽으로 연결되는 norepinephrine성 신경의 활동성이 증가하면서 후두정엽으로의 norepinephrine 분비가 급격히 증가하게 된다. 후두정엽이 활성화되면 청반은 발화를 멈추고 복측 피개부위(ventral tegmental area)가 탈억제되면서 전전두엽의 도파민 유리가 증가하게 된다. 도파민은 전두엽에서 과거 입력된 정보를 내적으로 조작해서 문제를 해결하는 작업 기억(working memory)에 중추적인 역할을 하는 신경전달물질이다. 따라서 정상인에서 전전두엽에 도파민 분비가 증가함에 따라 전두엽이 활성화되는 것과 문제 해결 능력이 서로 관련이 있다.[6] 그러나 주의력결핍 과잉운동장애 환자는 기본적으로 청반이 과활성화되어 있어, 주의집중시에도 급격한 norepinephrine 분비 증가에 따른 두정엽의 활성화가 부적절하게 이루어지는 것으로 여겨지며, 또한 복측 피개 부위의 활성화 실패로 전두엽의 도파민의 분비 증가가 이루어지지 않아서 결과적으로 주의력 및 문제해결 능력이 떨어진다고 본다.[5] 따라서 주의력을 요하는 과제를 실행하는 중에 신경 영상기법이나 정량화 뇌파 측정과 같은 기능적 국소화가 가능한 검사방법으로 뇌기능을 추적할 때 두정엽과 전두엽의 이상을 감지할 수 있을 것이라 예상된다. 실제로 주의력결핍 과잉운동장애 환자와 정상인에서 청각적인 주의력 과제를 실행하는 동안 양전자 방출 단층촬영(positron emission tomography, 이하 PET)을 실행한 결과, 전뇌에 걸쳐 대뇌 당 대사가 저하되어 있고, 특히 전운동 피질(premotor cortex)과 상전전두엽 피질(superior prefrontal cortex)에서 정상인에 비해 당 대사가 저하되어 있다고 보고되어, 이 부위의 이상이 주의력결핍 과잉운동장애의 주요한 병리 부위로 부각되었다.[7] 또한 단일 광전자 방출 전산화 단층촬영(single photon emission computed tomography, 이하 SPECT) 검사결과 주의력결핍 과잉운동장애 소아는 정상 소아에 비해 좌측 두정엽이 우측 두정엽에 비해 유의하게 저 관류가 있음이 보고된 바 있다.[8] 그러나 이 연구는 안정상태의 SPECT 결과로서 시각적 자극에 대한 집중을 요하는 과제를 실행하는 동안 실행한 검사 결과는 아니며, 주의력 과제 실행 중에 활성화되는 뇌의 기능적 국소화에 대한 체계적인 연구가 필요하다 하겠다.

Clark 등은 norepinephrine의 양을 조절함으로써 주의집중의 전환에 변화를 가져온다고 하였다.[9] 중추신경자극제를 투여하면 정상 소아나 주의력결핍 과잉운동장애 소아에서 주의력이 향상된다.[10)11)] 주의력결핍 과잉운동장애의 치료제로 사용되는 중추신경 자극제는 소변의 epinephrine을 증가시키며, 이것이 주의력결핍 과잉운동장애에서 약물의 반응과 관련이 있을 것으로 보여진다. 즉, 중추신경 자극제는 중추성 epinephrine 신경 연접부에서 epinephrine의 재흡수를 억제함으로써 epinephrine의 활용성을 증가시키고, 그 결과 청반의 기초 발화율을 감소시킬 것이라는 가정이 제시되었다.[12)] 청반의 발화율은 후두정엽으로 전달되는 norepinephrine 신경의 활성도와 연관이 있으므로 중추신경 자극제를 투여한 후 주의력 과제를 실행하면 norepinephrine이 주로 분포하고, 시각적인 주의 집중에 중추적인 역할을 하는 후두정엽 부위의 뇌활성도도 변화가 있을 것으로 사료된다. 따라서 중추신경 자극제를 투여한 후 주의력 과제를 실행하면서 측정한 뇌활성도의 변화는 중추신경 자극제의 인지기능 향상이 어떤 뇌부위의 활성화와 관련이 있는지를 확인하는 의미있는 연구가 될 것이다.

정량화 뇌파 검사(quantitative electroencephalography)는 자기공명영상술(magnetic resonance imaging, MRI), SPECT, PET과 같은 신경 영상기법에 비해 안전하고 비침습적이고 저렴하여 소아환자들의 뇌기능 연구에 안전하게 적용될 수 있으며 통계적으로 비교분석이 가능한 정량화 자료를 제공한다. 또한 밀리초(millisecond) 단위의 짧은 시간에 따르는 뇌활동의 변화를 볼 수 있으므로,[13)] 주의력 과제 실행 중의 뇌기능의 활성도의 변화측정과 국소화에 이용될 수 있다.

주의력결핍 과잉운동장애 소아를 대상으로 실시한 정량화 뇌파 검사 연구 결과 주의력결핍 과잉운동장애 소아는 정상 소아에 비해 P_3, Oz, P_4에서 alpha와 beta파 영역의 진폭이 감소되어 있다는 보고가 있고,[14)] beta파 영역의 상대적인 진폭이 증가해 있다는 보고가 있는 등,[13)] 몇가지 연구가 있으나 이들은 모두 안정상태에서 정량화 뇌파검사를 실행한 것으로 주의력 과제를 실행하는 동안 일어나는 뇌활동의 변화를 반영한 것이라 할 수는 없다. 따라서 주의력 과제를 실행하는 동안 정량화 뇌파를 측정해 뇌의 부위별 활성도의 변화를 확인하는 것은 의미있는 연구로 사료된다.

연구의 목적은 첫째, 정상 소아에서 정량화 뇌파상 주의력 과제 실행시 안정상태에 비하여 전두엽과 두정엽이 활성화되는 것을 확인하고, 주의력결핍 과잉운동장애

환자의 활성화 양상이 이와 어떻게 다른지 확인한다. 둘째, 주의력결핍 과잉운동장애의 치료제인 methylphenidate가 정량화 뇌파상 환자의 주의력 과제중 활성화되는 뇌의 양상중 일부를 정상 대조군과 유사하게 변화시키는지 확인한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상자의 포함기준은 다음과 같다. 첫번째, 성별은 남아로 제한하였는데, 이는 주의력결핍 과잉운동장애가 남아에서 여아보다 3 9배 정도 더 많이 발생하고 남아의 경우 행동상 문제가 더 많아 임상에서 주로 남아를 보는 경향이 있기 때문이다.[15] 두번째, 나이가 5 13세 사이인 환자였고 세번째, DSM-IV의 진단 기준에 의거하여 주의력결핍 과잉운동장애로 진단된 환자였다.[16] 네번째, 단축형 Conners 평가척도에서 총점수가 15점 이상인 환자만을 포함 하였다. 단축형 Conners 평가척도는 소아의 과활동성, 집중곤란, 충동성의 여부와 정도를 묻는 10개의 문항으로 이루어져 있는데 정도에 따라 0에서 30점까지의 점수가 부여된다. 점수가 높을수록 과활동성, 집중곤란, 충동성이 심하다고 보는데 총 점수가 15점 이상이면 주의력결핍 과잉운동장애 진단을 내리고 임상에서 약물치료를 시작하는 기준이 된다.[17] 다섯번째, KEDI-WISC(Korean Educational Development Institute-Wechsler Intelligence Scale for Children)로 측정한 전체지능이 75 이상인 환자이다. 여섯번째, 오른손잡이인 환자, 일곱번째, 보호자가 연구에 동의한 환자이다.

연구 제외기준은 ① 중추신경계 질환(간질, 기질성 정신장애 포함)의 병력 및 현재력이 있는 환자 ② 시각장애가 있는 환자 ③ 다른 정신과적 질환(학습장애, 품행장애, 우울증 등)이 동반된 환자 ④ 신체적 상태로 검사실행이 어려운 환자(예, 정형 외과적 문제) 등이다.

대조군은 세브란스병원 직원의 가족이나 친지중 정신과적 장애의 병력과 현재력이 없는 소아로서 오른손잡이를 선택하였으며, 환자군과 나이, 성별, 지능에서 유의한 차이가 없도록 하였다.

환자군과 대조군의 최종 표본 수는 각각 20명이었으며 대상 환자와 대조군 모두에게 연구목적 및 내용과 비밀성의 보장을 설명한 다음 서면으로 연구 참여에 대한 동의를 받았다.

2. 주의집중력 평가도구 : T.O.V.A.

T.O.V.A.는 주의력을 평가하기 위해 컴퓨터 프로그램화된 검사도구이다. T.O.V.A. 실행 중에 모니터 화면에 나타나는 화면은 쉽게 구분할 수 있는 2개의 시각 자극으로 구성되어 있다. 색채가 있는 직사각형내에 색채가 없는 작은 정사각형이 나타나는데 목표(target) 자극은 배경이 되는 직사각형의 위쪽에 작은 정사각형이 위치하고, 비목표(nontarget) 자극은 아래쪽에 위치한다. 피험자는 목표자극이 컴퓨터 스크린에 나타나면 마이크로스위치를 누르도록 지시 받았다.

T.O.V.A. 결과는 누락 오류, 오경보 오류, 목표자극에 대한 평균 정반응 시간, 목표자극에 대한 정반응 시간의 표준편차, 다중반응, 예기 반응, 오경보 오류 후 평균 정반응 시간을 측정해 환산점수로 표시되며 점수가 낮을수록 오류가 적고 반응시간이 빠르며, 반응시간간 표준편차가 적음을 의미한다.

3. 정량화 뇌파

주의력결핍 과잉운동장애 환자군은 1주일간 약물의 체외배출기간을 가진 후 안정상태와 주의력 과제 실행중의 정량화 뇌파를 실시하였다. 약물을 투여하지 않은 상태에서 1주일의 간격을 두고 약물을 투여한 후의 안정상태와 주의력 과제 실행중의 정량화 뇌파를 측정하였다. 약물은 methylphenidate를 몸무게 1kg당 0.7 mg을 경구 투여하였다. Methylphenidate는 투여하고 20분이 경과하면 임상적으로 주의력결핍 과잉운동장애의 증상을 완화시키고 1시간이 지나면 혈중 최고치에 달한다.[18][19] 이를 근거로 본 연구에서는 methylphenidate를 투여하고 1시간이 경과한 후부터 안정 상태와 주의력 과제 실행중의 정량화 뇌파를 측정하였다.

정상 대조군은 안정상태와 주의력 과제 실행중의 정량화 뇌파를 측정하였다.

연구 대상자를 검사실의 안락의자에 앉힌 후 안구 움직임을 감시하기 위한 2개의 전극을 포함한 32개 전극이 부착된 모자(ElectroCap사, 1994년 제작, Eaton, Ohio, USA)를 머리에 착용시켰다. 전극 위치는 국제분류 10 20 방법(international 10 20 system)을 따랐다. 전극의 impedence는 10kΩ 이하로 하였다. 연구 대상자를 10분 이상 안락의자에서 안정조건을 유지하게 한 다음, 눈감은 안정 조건과 눈뜬 안정조건에서 뇌파를 기

록하였으며, 컴퓨터 모니터를 통해 주의력 과제를 실행하면서, 즉 활성조건에서 뇌파를 기록하였다.

뇌파기는 신뢰도와 타당도가 검증된 장비인 Neuronics(미래 엔지니어링사, 1995년 제작, 서울)을 사용하였으며, 여기서 증폭된 신호는 Lee 등이 개발한 방법에 의해 컴퓨터로 입력하여 분석하였다.[20] 뇌파는 1초를 한 시기(epoch)로 하여 시기당 표본추출 개수는 256으로 하였다. 전 처리 과정과 신경망(neural network)을 통해 뇌파 신호의 artifact를 줄이고 다시 모니터를 통해 인공음영(artifact)의 유무를 재감시하여 인공음영이 없다고 판단되는 약 20 50초 정도의 뇌파를 최종적으로 저장하였다. 저장된 뇌파 신호를 시기별로 fast Fourie transformation(FFT)하여 스펙트럼 분석을 하였다. 각각의 스펙트럼은 delta 1 4Hz, theta 4 8Hz, alpha 8 13Hz, beta 13 22Hz로 분류하였다. 그리고 안창범 등이 개발한 방법에 의해 30개 전극 각각의 값으로 각 파 영역별 뇌 지도(brain map)를 영상화하였다. 이 지도의 30개 전극의 진폭값(단위는 μV)을 분석자료로 삼았다.[21]

4. 자료분석

① 정상 대조군과 환자군의 주의력 과제 검사 결과는 t-test를 이용해 분석하였고, 투약 전, 후의 환자군의 주의력 과제 검사 결과는 paired t-test를 이용해 비교 분석하였다.

② 정상 대조군과 환자군의 정량화 뇌파 검사에서 얻어진 안정상태의 뇌파 값을 각각 t-test를 이용해 분석하였고 투약 전과 후 환자군의 안정상태 뇌파 값은 paired t-test를 이용해 분석하였다.

③ 정상 대조군과 투약 전, 후의 주의력결핍 과잉운동장애 환자군의 정량화 뇌파 검사에서 얻어진 안정상태와 주의력 과제의 실행에 의한 활성상태의 뇌파값의 차이를 각군 내에서 paired t-test를 이용해 분석하였다.

이상의 모든 통계처리는 Statistical Analysis System(SAS)로 처리하였으며, 통계적 유의수준은 0.05 이하로 양측 검정(two-tailed)을 하였다.

결 과

1. 인구학적 자료

최종적으로 자료분석에 포함된 연구 대상자는 주의력결핍 과잉운동장애 소아 20명, 정상 소아 20명으로 총 40명이었다. 모든 연구대상자의 성별은 남아였다. 정상 소아와 주의력결핍 과잉운동장애 소아의 평균연령은 각각 9.40±1.93, 8.65±1.49세로, 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

Table 1. Neuropsycological tests-intelligence

Variables	Controls	Patients	P-value
Total IQ	107.85±10.46	100.33±17.32	NS
Performance IQ	109.70±11.96	101.00±18.43	NS
Verbal IQ	106.25±10.97	102.08±17.31	NS

IQ : intelligence quotient
NS : not significant in t-test

2. 신경심리학적 검사

1) 지능검사(KEDI-WISC)

정상 대조군과 환자군의 지능에 있어 두군 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$)(표 1).

2) 집중력 검사(T.O.V.A.)

정상 대조군과 투약 전의 환자군의 집중력 검사 점수를 t-test로 비교했을 때, 누락 오류와 오경보 오류의 점수에서는 차이가 없었으나, 목표자극에 대한 정반응 시간과 목표 자극에 대한 정반응 시간의 표준편차는 정상대조군이 통계적으로 유의하게 낮아서, 정상대조군의 집중력이 더 좋음이 확인되었다($p<0.01$, $p<0.005$)(표 2).

환자군에서 투약 전과 후의 점수를 paired t-test를 이용해 분석하였을 때, 누락 오류, 목표 자극에 대한 평균 정반응 시간, 표준편차에 있어 투약 후 환자군의 점수가 유의하게 낮아지므로, 투약 후에 집중력이 호전됨이 관찰되었다($p<0.01$, $p<0.01$, $p<0.05$). 투약 후 환자군과 정상 대조군 사이에는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$)(표 2).

3. 정량화 뇌파

1) 정상 대조군과 주의력결핍 과잉운동장애 환자군 사이에 안정상태의 뇌파 전위의 비교

(1) Delta 파

안정상태에서 측정한 뇌파에서 정상 대조군의 전위가 가장 낮은 경향이 있었고 특히 전두엽 측두엽, 두정-후두엽(F3, F8, FTC1, T3, C3, Cz, C4, T4, Tcp1, Cp2, Pz, Po1, Po2, O1, O2) 부위에서는 투약 후 환자군에 비

Table 2. Neuropsycological test-attention

Variables	Controls	Patients	
		Before medication	After medication
Omission error	57.37±16.61	59.34±10.30	53.14± 7.742**
Commission error	51.57±19.94	45.17± 9.37	48.63±10.57
Response time	54.32±12.41	66.20±14.121**	58.68±13.402**
Variability	53.01±10.58	65.68±15.341**	57.53±14.002*

[1]T-test between controls and patients before medication
[2]Paired t-test between patients before and after medication
* : p<0.05, ** : p<0.01

해 통계적으로 유의하게 낮은 것이 관찰되었다(p<0.05). 대부분의 전극(Fp2를 제외한 29개의 전극) 부위에서 투약 전 환자의 전위가 가장 높은 전위를 유지하는 경향이 있었다. 투약 후에는 투약 전에 비해 대부분의 전극(Fp2를 제외한 나머지 29개 전극) 부위에서 전위가 하강하는 것이 관찰되었으며, 특히 T6, O1 부위에서는 유의하게 낮아지는 것이 관찰되었다(p<0.05)(그림 1). 따라서 투약 후에는 투약 전보다 전위가 하강하여 정상 대조군에 접근하는 양상을 보였다.

(2) Theta 파

대부분의 전극(F7, Cp1, T5, Pz, P4를 제외한 25개 전극) 부위에서 정상 대조군의 전위가 가장 낮은 경향이 있었다. 투약 전 환자군은 FTC1을 제외한 29개의 전극 부위에서 투약 후 환자군에 비해 높은 전위를 보여 투약 전 환자군에서 가장 높은 전위가 유지되는 경향이 확인되었다(그림 2).

(3) Alpha 파

정상 대조군의 전위는 투약 전, 후와 관계없이 환자군의 전위에 비해 통계적으로 유의하게 낮았다(p<0.05)(그림 3).

(4) Beta 파

정상 대조군은 투약 전, 후 환자군의 전위보다 통계적으로 유의하게 전위가 낮았다(p<0.05). 투약 전과 후 환자군 사이에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다(p>0.05)(그림 4).

2) 정상 대조군과 주의력결핍 과잉운동장애 환자군 사이에 조건별 뇌파 전위의 변화

정상 대조군과 투약 전, 후의 주의력결핍 과잉운동장애 환자군에서 안정상태와 주의력 과제 중에 측정한 뇌파를 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) Delta 파

정상 대조군의 경우 주의력 과제시의 뇌파는 안정상태의 뇌파에 비해 대부분의 전극(Fp1, F7, F8을 제외한 27개 전극) 부위에서 전위가 증가하는 경향이 있었으며, 특히, 두정-후두엽(Cp1, Po1, Po2, O1, Oz 전극) 부위에서는 통계적으로 유의하게 전위가 증가하였다(p<0.05). 그에 비해 투약 전 환자의 경우, FTC1을 제외한 29개 전극 부위에서 전위가 하강하는 양상이 관찰되었다. 투약 후 환자군의 경우, 대부분의 전극(Fp1, Fp2, F7을 제외한 27개 전극) 부위에서 주의력 과제시 전위가 증가하는 경향을 보여 정상 대조군과 비슷한 유형이 관찰되었다(그림 1).

(2) Theta 파

정상 대조군은 안정상태시 모든 전극 부위에서 환자군에 비해 낮은 전위를 유지하다가 주의력 과제 중에는 F7을 제외한 나머지 모든 전극 부위에서 전위가 증가하였으며, 전두엽, 측두엽 일부, 두정-후두엽의 18개 전극(F4, F8, FTC1, Cz, T4, TT1, Cp1, Cp2, Tcp2, TT2, Pz, P4, T6, Po1, Po2, O1, Oz, O2) 부위에서 통계적으로 유의하게 전위가 증가하였다(p<0.05). 이에 비해 투약 전 환자군에서는 안정상태에 비해 주의력 과제 중에 유의하게 변화하는 전극 부위가 없어, 뇌파상 국소화된 뇌활성도의 변화는 관찰되지 않았다(p>0.05). 투약 후 환자군에서는 대부분의 전극(Fp1, Fp2, F7을 제외한 27개 전극) 부위에서 전위가 증가했고, 특히, 전두엽, 측두엽, 두정-후두엽의 15개 전극(Fz, F4, T4, Cp1, Cp2, Tcp2 TT2, T5, Pz, P4, T6, Po2 O1, Oz, O2) 부위에서 통계적으로 유의하게 전위가 증가해 정상 대조군과 유사한 양상을 보였다(p<0.05)(그림 2).

(3) Alpha 파

정상 대조군에서는 안정상태에 비해 주의력 과제 중에

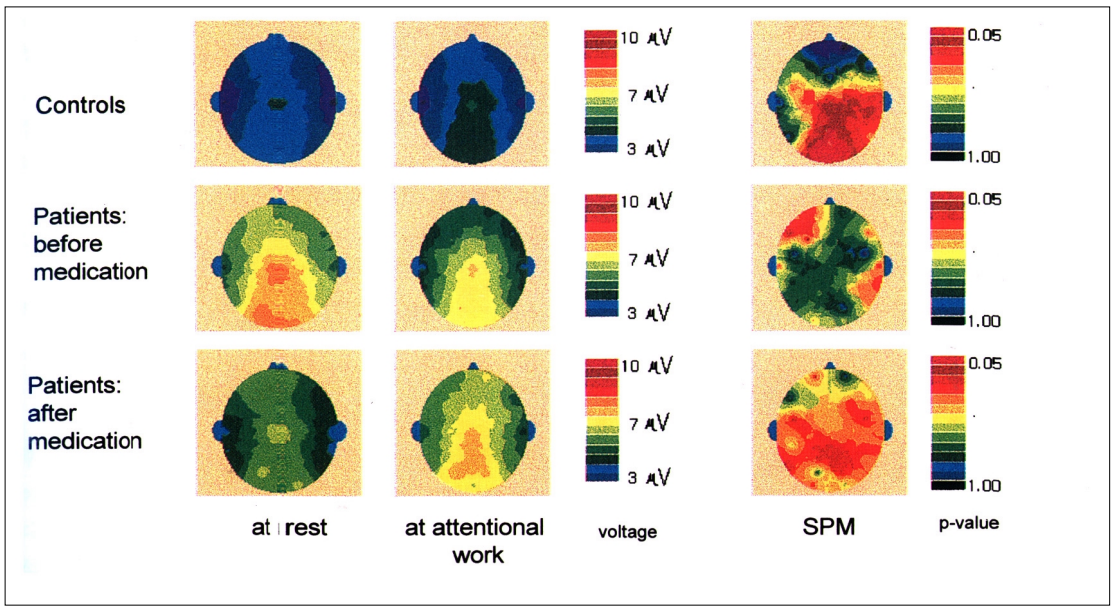

Fig. 1. Topographic distribution of absolute amplitude of delta power in controls and patients atrest and attentional work.

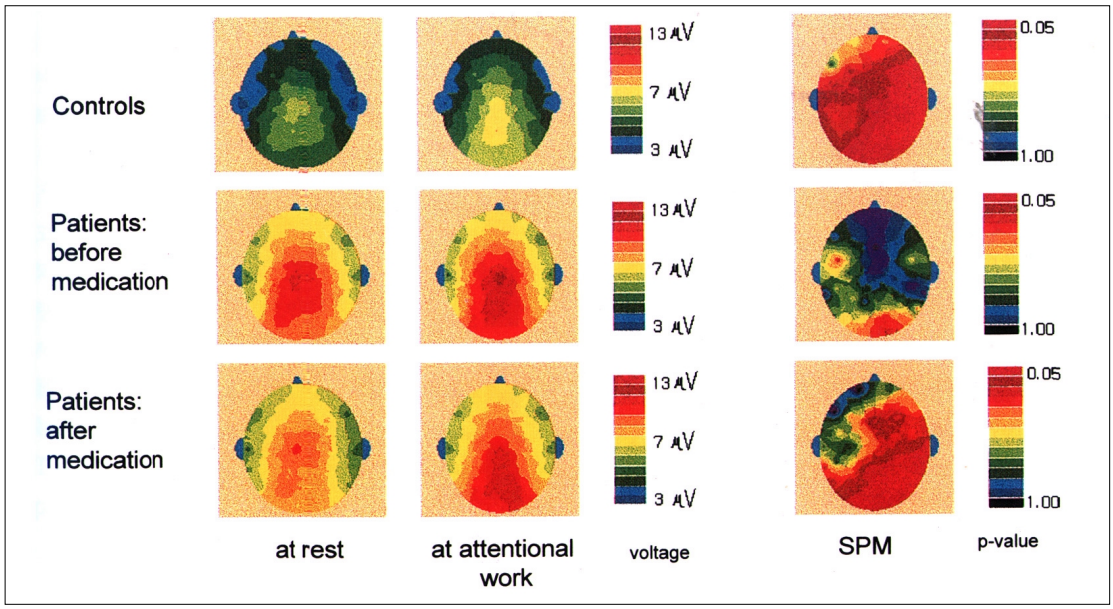

Fig. 2. Topographic distribution of absolute amplitude of theta power in controls and patients at rest and attentional work.

두정 - 후두엽 부위(Po1, Po2, O1, Oz, O2)의 전위가 유의하게 증가한 반면($p<0.05$), 투약 전의 주의력결핍 과잉운동장애 환자군에서는 20개의 전극 부위에 해당하는 비교적 광범위한 뇌의 부위에서 유의하게 전위가 증가해 비국소적인 뇌 활성양상의 변화가 관찰되었다($p<0.05$). 투약 후 환자군의 경우 두정 - 후두엽 부위(Cp1, Po1, Po2, O1, Oz, O2)에서 유의하게 전위가 증가해 정상 대조군과 유사한 양상으로 반응하는 것이 관찰되었다($p<0.05$)(그림 3).

(4) Beta 파

정상 대조군의 경우 유의한 전위의 증가는 FTC1, Cz

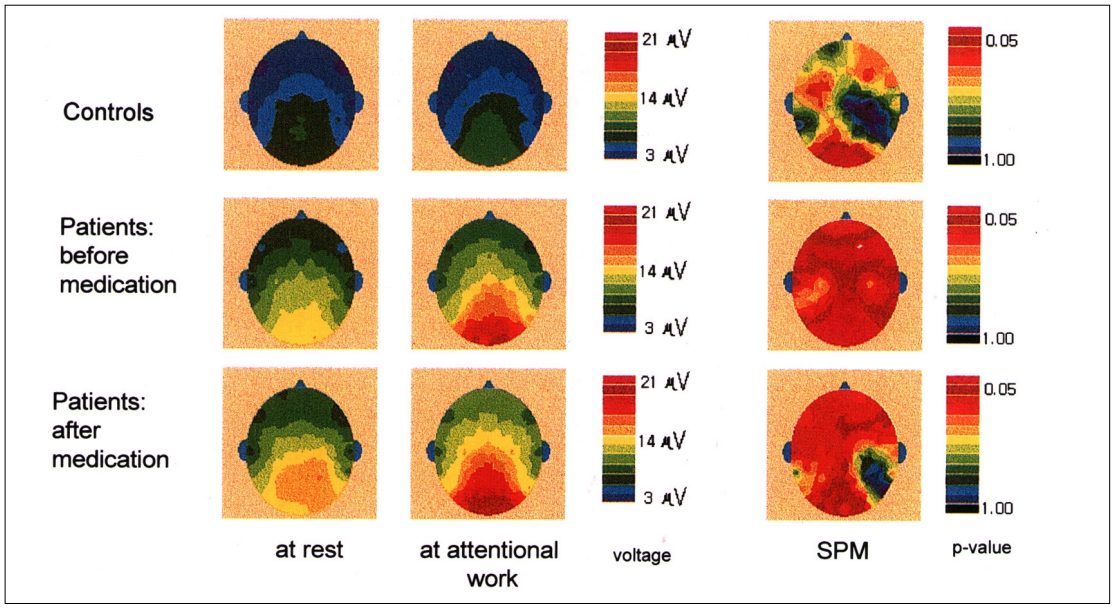

Fig. 3. Topographic distribution of absolute amplitude of alpha power in controls and patients at rest and attentional work.

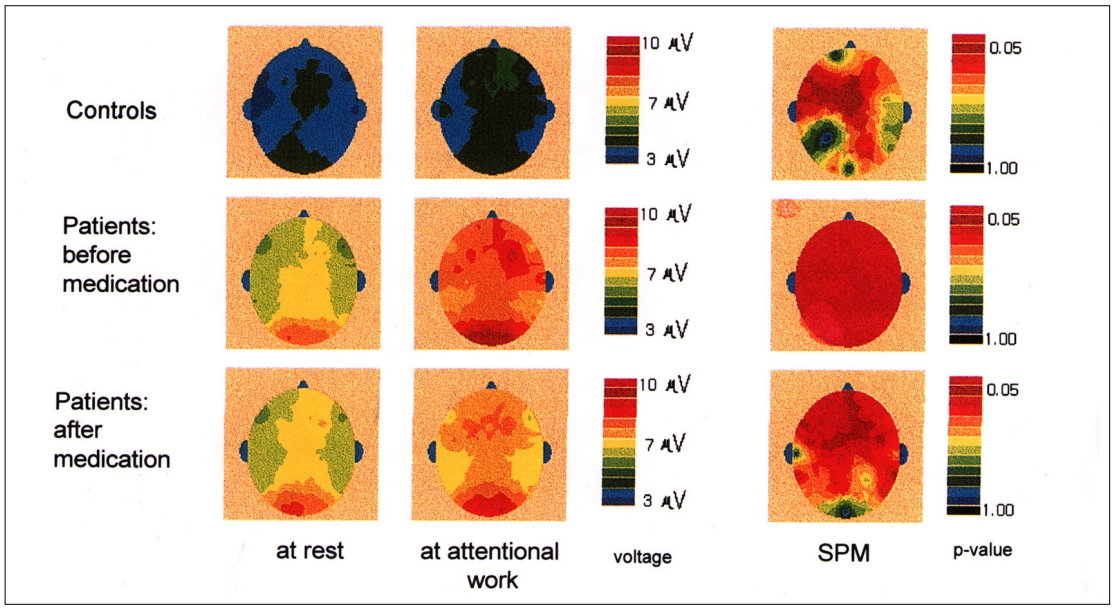

Fig. 4. Topographic distribution of absolute amplitude of beta power in controls and patients at rest and attentional work.

부위에서만 있었으나, 투약 전 주의력결핍 과잉운동장애 환자군에서는 T4를 제외한 29개 전극부위에서 유의하게 전위가 증가해 비국소적인 뇌활성 변화 양상이 관찰되었다($p<0.05$). 투약 후 환자군의 경우, Fp1, F7, F3, Fz, FTC1, TT1, TT2등 비교적 제한적인 부위의 전위가 유의하게 증가해 정상 대조군과 유사하게 국소적인 활성 변화 양상이 관찰되었다($p<0.05$)(그림 4).

고 찰

주의력결핍 과잉운동장애의 핵심증상은 주의력의 결함이지만, 그 외에 다양한 인지 행동적인 장애를 동반한다.

품행장애와 주의력결핍 과잉운동장애의 상호 연관성은 매우 높아서, 일부 연구자들은 이 두가지 장애가 사실은 같은 종류의 문제일 것이라는 의견도 제시하였다.[22)23)] 그러나 주의력결핍 과잉운동장애는 운동, 언어, 인지영역에서의 발달지체가 동반되는 점에서 품행장애와 구별이 된다.[24)25)26)] 주의력결핍 과잉운동장애로 인해 품행장애의 위험율이 증가한다고 이해되고 있으며 동반될 경우 그렇지 않은 경우보다 예후가 더 나쁘다.[27)28)] 또한 품행장애 자체도 시각정보처리에 결함이 있고, 뇌파의 이상등 신경심리학적인 손상의 흔적이 보고되고 있으므로,[29)30)31)] 시각적 주의력과제중에 측정한 정량화 뇌파 분석에 오염요인으로 작용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 DSM-IV 진단기준에 따라 품행장애를 동시에 가지고 있는 주의력결핍 과잉운동장애 환아는 연구대상에서 제외하였다.

T.O.V.A.는 '미네소타 컴퓨터 평가'(Minnesota Computer Assessment 또는 MCA)로 알려진 주의력결핍 장애를 지닌 소아와 성인의 진단과 약물치료의 평가를 위해 개발된 시각적 연속실행검사(Visual Continuous Performance Test : CPT)로서, 컴퓨터로 실시한다. 국내에서는 1994년도에 타당도 검사를 실시하여, 주의력결핍 과잉운동장애 소아가 실행의 결손을 나타내 주의력결핍 과잉운동장애의 1차 평가도구로 적합한 것으로 보고되었다.[4)] 이 검사에서 제시되는 과제는 좌, 우 구분이 필요하지 않으며, 언어능력에 기초하지 않는다. 주의력결핍 과잉운동장애 소아에 종종 학습장애가 동반되는 점을 감안할 때,[32)] 이러한 T.O.V.A.의 특징은 동반된 학습장애에 영향을 받지 않고, 비교적 순수한 주의력만을 판별하는데 유용하다.

주의력 과제 결과, methylphenidate를 투약하기 전에 환자군은 정상군에 비해 유의하게 반응시간이 길고 표준편차가 컸지만, methylphenidate를 복용하면 호전되어 반응시간과 반응시간간 표준편차에 있어 정상군과 차이가 없었다. 또한 환자군에서 누락오류상 methylphenidate를 복용한 후에는 복용하기 전에 비해 유의하게 호전된다. 이전 연구에서 중추신경 자극제를 투여하면 정상 소아나 주의력결핍 과잉운동장애 소아에서 주의력이 향상된다는 보고들이 있다.[10)11)] 본 연구에서 methylphenidate가 주의력을 높이는 효과가 있음을 재확인하였으며, 몸무게 1kg당 7mg을 투여할 경우 특히 누락오류와 반응시간, 반응시간간 표준편차가 향상됨을 알 수 있었다.

본 연구결과 정량화 뇌파상 안정 상태에서 전 파 영역에 걸쳐 투약하지 않은 환자군이 정상대조군에 비해 높은 전위를 보였다. 이전 연구 결과들은 대체로 안정상태에서 환자가 정상인에 비해 뇌파상 높은 활동성을 유지한다고 보고하고 있으나, 그 원인에 대해서는 여러 논란이 있다. Satterfield 등은 모든 파 영역에서 7.5세 이상 주의력결핍 과잉운동장애 환자가 동연령 정상 대조군에 비해 높은 전위를 보이는 경향이 있음을 확인하였다.[33)] Mann 등은 안정상태에서 주의력결핍 과잉운동장애 환자가 정상대조군에 비해 유의하게 모든 파 영역의 전위가 증가해 있다고 보고하면서, 이는 동연령의 대조군에 비해 뇌가 덜 성숙했기 때문이라고 토의하였다.[34)] Jansen 등은 주의력결핍 과잉운동장애 환자에서 정상대조군에 비해 서파, 특히 theta 파의 과다성이 관찰된다고 보고하였다.[35)] 대뇌 혈류 연구나 PET에 의한 당대사 연구에서 서파의 과다성이 대뇌의 대사 감소와 관련이 있다.[36)] Zametkin 등은 PET을 이용해서 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 뇌 포도당 대사가 정상 대조군에 비해 저조하다고 보고하면서, 이는 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 대뇌 피질의 기능이 저하된 결과일 수 있다고 설명하였다.[7)] 본 연구에서 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 서파 활동성이 정상 대조군의 서파 활동성에 비해 증가해 있으므로, 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 뇌의 대사가 정상 대조군에 비해 감소하였다고 해석할 수 있을 것이다. 그러나 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 뇌가 안정상태에서 norepinephrine의 활동성이 과다하게 증가해 있다는 이전 가설에[5)12)] 비추어, 안정상태에서 norepinephrine의 과활동성이 간접적으로 반영되어 뇌파상 전위의 상승으로 나타난 결과일 수도 있다. 주의력결핍 과잉운동장애 환자가 정상대조군에 비해 안정상태에서 모든 파 영역에 걸쳐 높은 전위를 유지하는 원인을 규명하기 위해서는, 향후 이 분야에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

Delta 파 영역에서 정상 대조군의 경우, 주의력 과제중에 두정-후두엽 부위가 국소적으로 활성화되는 양상을 보였다. 이는 정상 대조군에서 주의력 과제중에 두정-후두엽의 활성화가 두드러진 것이 정량화 뇌파에 반영되어 나타난 것으로 보인다. 이에 비해 주의력결핍 과잉운동장애 환자는 자극이나 과제가 없는 안정상태에서는 정상군에 비해 뇌전반에 걸쳐 과활성화된 양상을 보

이다가, 주의력 과제 실행중에는 전반적인 뇌의 활성도가 오히려 떨어지는 것이 관찰되었고, 두정-후두엽의 국소화된 반응 양상도 나타나지 않았다. 정상적으로 주의력 과제중 두정-후두엽의 적절한 활성화가 주의력 과제의 효율적인 실행과 관련이 있다면, 주의력결핍 과잉운동장애 환자에서 국소적인 뇌활성화의 실패가 주의력 과제 실행의 비효율성과 관련이 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서 정상 대조군의 경우 주의력 과제중에는 안정상태에 비해 거의 전 뇌부위에서 theta 파의 활동성이 유의하게 상승했다. 정상인에서 시-공간적인 형태의 자극에 대한 주의력 과제중이나 각성 상태에는 전반적인 theta 파 활동성이 증가한다는 이전 보고에 부합하는 결과이다.[37)38)] 그러나 주의력결핍 과잉운동장애 환자에서는 theta 파 활동성의 유의한 변화가 없었다. Mann 등은 주의력결핍 과잉운동장애 환자에게 읽기, 그리기 등을 실행토록 하면서 정량화 뇌파를 측정하였는데, 환자가 이러한 과제를 실행하는 중에는 전두엽의 theta 파 활동성이 증가한다고 보고하였다.[34)] 읽기는 문자해독을 요하는 과제로 전두엽의 기능과 주된 관련이 있다. 본 연구에서는 공간적인 시자극과 관련된 주의력 과제 실행중에 측정한 정량화 뇌파를 분석하였으므로 본 연구 결과를 주어진 과제가 다른 Mann의 연구 결과와 직접 비교할 수는 없으리라 사료된다. 그러나 본 연구에서 주의력결핍 과잉운동장애 환자의 theta 파 영역에 변화가 없는 것은 정상대조군의 반응과 비교해 볼때 병리적인 현상이라 하겠다.

정상 대조군의 경우 주의력 과제 중에 alpha 파 활동성이 두정-후두엽 부위에서 국소적으로 증가하는 양상을 보였는데, 본 연구에서 사용된 T.O.V.A는 직사각형과 정사각형으로 이루어진 형태자극으로 이루어져 있고 두정-후두엽은 형태적인 자극에 의한 시각 집중체계와 밀접한 연관이 있다.[3)] 따라서 정상 대조군에서 주의력 과제중에 두정-후두엽의 활성화가 두드러진 것이 정량화 뇌파에 반영되어 나타난 것으로 보인다. 정상인은 안정상태에 있을 때 활발한 alpha 파 활동성을 유지하다가, 내, 외적인 자극이 있어 그에 집중을 할 경우 alpha 파 활동성이 떨어지는 것으로 알려져 있다.[39)] 그러나 본 연구에서 주의력결핍 과잉운동장애 환자는 주의력 과제를 실행하는 동안 오히려 많은 뇌부위에서 유의하게 alpha 파 활동성이 증가하는 것이 관찰되었다. 주의력 결핍 과잉운동장애 환자는 alpha파 약화(attenuation)가 없다는 이전 연구 결과에[40)] 비추어, 주의력 과제중 alpha 파의 활동성이 증가하는 양상은 병리적인 현상으로 보인다.

정상 대조군의 경우, 주의력 과제시 beta 파의 활동성이 전두엽의 일부에서 증가한 것에 비해 주의력결핍 과잉운동장애 환자는 주의력 과제시 beta 파의 활동성이 뇌의 전부분에 걸쳐 유의하게 증가하였다. 동물실험결과 안정성 없는 행동(restless behaviour)이 beta 파 활동성의 증가와 관련이 있다는 보고,[41)] 측핵(nucleus accumbens)에 도파민 활동성이 증가하면 활동량이 증가한다는 보고에[42)] 비추어, 주의력결핍 과잉운동장애는 주의력 과제 실행시 도파민 체계의 과활성화가 이루어지는 것이 아닌가 사료되지만, 이에 대한 직접적인 관련성을 찾기 위한 향후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1) **Rutter M, Taylor E, Hersov L**(1994) : Child and adolscent psychiatry modern approaches. 2nd ed. Cambridge, Blackwell Scientific Publications, pp285-307
2) **Hoy E, Weiss G, Minde K, Cohen H**(1978) : The hyperactivity child at adolescence : cognitive, emotional and social functioning. J Abnorm Child Pshchol 6 : 311-324
3) **Posner MI, Petersen SE**(1990) : The attention system of the human brain. Annu Rev Neurosci 13 : 25-42
4) **김남혁**(1994) : 아동 주의력 측정도구(T.O.V.A)의 타당도 연구. 연세대학교 대학원 심리학과 석사학위 논문
5) **McCracken JT**(1991) : A two-part model of stimulant action on attention-deficit hyperactivity disorder in children. J Neuropsychiatry Clin Neurosci 3 : 201-209
6) **Levy F**(1991) : The dopamine theory of attention deficit hyperactivity disorder(ADHD). Aust N Z J Psychiatry 25 : 277-283
7) **Zametkin AJ, Nordahl TE, Gross M, King C, Semple WE, Rumsey J, Hamburger S, Cohen RM** (1990) : Cerebral glucose metabolism in adults with hyperactivity of childhood onset. N Engl J Med 323 : 1362-1366
8) **Sieg KG, Gaffney GR, Preston DF, Hellings JA** (1995) : SPECT brain imaging abnormalities in atention deficit hyperactivity disorder. Clin Nucl Med 20 : 55-60
9) **Clark CR, Geffen GM, Geffen LB**(1989) : Cate-

cholamines and the covert orienting of attention. Neuropsychology 27：131-140
10) **Hastings JE, Barkely RA**(1978)：A review of psychophysiological research with hyperkinetic children. J Abnorm Child Psychol 6：413-447
11) **Rapoport JL, Buchsbaum MS, Zahn TP, Weingartner H, Ludlow C, Mikkelsen EJ**(1978)：Dextroamphetamine：cognitive and behavior effects in normal purbertal boys. Science 199：560-563
12) **Pliszka SR, Mccracken JT, Maas JW**(1996)：Catecholamines in attention-deficit hyperactivity disorder：current perspectives. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 35：264-272
13) **Kuperman S, Johnson B, Arndt S, Lindgren S, Wolraich M**(1996)：Quantitative EEG differences in a nonclinical sample of children with ADHD and undifferentiated ADD. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 35：1009-1017
14) **Callaway E, Halliday R, Naylor H**(1983)：Hyperactive children's event-related potentials fail to support underarousal and maturationallag theories. Arch Gen Psychiatry 40：1243-1248
15) **Miller RG, Palkes HS, Stewart MA**(1973)：Hyperactive children in suburban elementary schools. Child Psychiatry Hum Dev 4：121-127
16) **American Pychiatric Association**(1994)：Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th ed. Washington DC, American Psychiatric Press, pp78-85
17) **Green WH**(1995)：Child and adolescent clinical psychopharmacology. 2nd ed. Baltimore, Wiliams & Wilkins, pp28-31
18) **Gualtieri CT, Wafgin W, Kanoy R, Patrick K, Shen D, Youngblood W, Mueller R, Breese G**(1982)：Clinical studies of methylphenidate serum levels in children and adults. J Am Acad Child Psychiatry 21：19-26
19) **Zametkin A, Rapoport JL, Murphy DL, Linnoila M, Ismond D**(1985)：Treatment of hyperactive children with monoamine oxidase inhibitors：Ⅰ. Clinical efficacy. Arch Gen Psychiatry 42：962-966
20) **Lee SH, Ko HW, Yoo SK, Kim WK, Lee HS, Lee HY**(1989)：Development of an computerized EEG imaging system with a personal computer. Yonsei Med J 30：45-53
21) 안창범, 박대준, 유선국, 이성훈, 함윤정(1996)：32채널 뇌파 및 뇌유발전위 mapping 시스템. 의공학회지 17：179-187
22) **Shaffer D, Greenhill L**(1979)：A critical note on the predictive validity of the hyperkinetic syndrome. J Child Psychol Psychiatry 20：61-72
23) **Prior M, Sanson A**(1986)：Attention deficit disorder with hyperactivity：a critique. J Child Psychol Psychiatry 27：307-319
24) **McGee R, Williams S, Silva PA**(1984)：Behavioural and developmental characteristics of aggressive, hyperactive and aggressive-hyperactive boys. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 23：270-279
25) **McGee R, Williams S, Silva PA**(1984)：Background characteristics of aggressive, hyperactive and aggrresseive-hyperactive boys. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 23：280-284
26) **Szatmari P, Offord DR, Siegel LS, Finlayson MAJ, Tuff L**(1990)：The clinical significance of neurocognitive impairments among children with psychiatric disorders：diagnosis and situational specificity. J Child Psychol Psychiatry 31：287-299
27) **August GJ, Stewart MA, Holmes CS**(1983)：A four-year follow-up of hyperactive boys with and without conduct disorder. Br J Psychiatry 143：192-198
28) **Barkley RA, Fischer M, Edelbrock CS, Smallish L**(1990)：The adolescent outcome of hyperactive children diagnosed by research criteria：Ⅰ. An-year prospective follow-up study. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 29：546-557
29) **Lewis DO, Shanok S, Pincus J, Glaser GH**(1979)：Violent juvenile delinquents：psychiatric, neurological, psychological and abuse factors. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 18：307-319
30) **Karniski WM, Levin MD, Clarke S, Palfrey JS, Meltzer LJ**(1982)：A study of neurodevelopmental findings in early adolescent delinquents. J Adolesc Health Care 3：151-159
31) **Lewis DO, Pincus JH, Lovely R, Spitzer E, Moy E**(1987)：Biopsychosocial characteristics of matched samples of delinquents and nondelinquents. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 26：744-752
32) **Lambert NM, Sandoval J**(1980)：The prevalence of learning disabilities in a sample of children considered hyperactive. J Abnorm Child Psychol 8：33-50
33) **Satterfield JH, Schell AM, Backs RW, Hidaka KC**(1984)：A cross-sectional and longitudinal study of age effects of electrophysiological measures in hyperactive and normal children. Biol Psychiatry 19：

973-990
34) **Mann CA, Lubar JF, Zimmernan AW, Miller CA, Muenchen RA**(1992) : Quatitative analysis of EEG in boys with attention-deficit-hyperactivity disorder : controlled study with clinical implications. Pediatr Neurol 8 : 30-36
35) **Janzen T, Graap K, Stephanson S, Marshall W, Fitzsimmons G**(1995) : Differences in baseline EEG measures for ADD and normally achieving preadolescent males. Biofeedback Self Regul 20 : 65-82
36) **Diamond JM**(1997) : ADHD and EEG. J Am Acad Child Adolesc Psychiatry 36 : 576-577
37) **Rugg MD, Dickens AMJ**(1982) : Dissociation of alpha and theta activity as a function of verbal and visuospatial tasks. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 53 : 201-207
38) **Matousek M, Petersen I**(1983) : A method for assessing alertness fluctuaions from EEG spectra. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 55 : 108-113
39) **Markand ON**(1990) : Alpha rhythms. J Clin Neurophysiol 7 : 163-189
40) **Fuller PW**(1977) : Computer estimated alpha attenuaion during problem solving in children with learning disabilities. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 38 : 149-156
41) **Rheinberger M, Jasper H**(1937) : The electrical activity of the cerebral cortex in the unanesthetized cat. Am J Physiol 119 : 186-196
42) **Barnes NJG, Costal B, Domney AM, Naylor RJ**(1987) : Behavioral consequences of the infusion of dopamine into the nucleus accumbens of the common mamoset. Neuropharmacology 26 : 163-188

ABSTRACT *J Korean Neuropsychiatr Assoc Vol 38, No 5, September, 1999*

Cerebral Functional Localization Related to Attentional Work in Patients with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder

Dong Won Shin, M.D., Dong Ho Song, M.D., Duk-In Jon, M.D., Kee Namkoong, M.D., Man Hong Lee, M.D., Hong-Shick Lee, M.D., Sung Kil Min, M.D.

Department of Psychiatry, College of Medicine, Yonsei University, Seoul

Objectives : The attentional deficit is a core symptom in attention deficit hyperactivity disorder. The major brain areas related to attention are frontal and parietal lobes. Abnormalities of frontal and parietal lobes in attention deficit hyperactivity disorder have been reported in previous researches. But, most of the researches are based on comparing patients and controls while they are in resting condition. Further research on funtional changes related to performance of attentional task is needed to understand the attentional dysfuntion in attention deficit hyperactivity disorder. In this study, the localized functional changes of the brains related to attentional task in patients with attention deficit hyperactivity disorder and the differences of them between patients and normal controls were examined. Also the effect of the methylphenidate on functional changes related to attentional task in patients with attention deficit hyperactivity disorder was examined.

Method : Quantitative electroencephalography(QEEG) was applied to examine the fuctional changes related to attentional task. Subjects of this study consisted of 20 patients with attention deficit hyperactivity disorder and 20 controls who were matched age, sex, handedness, intelligence. QEEG was recorded on eye open resting condition, and on performing computerized attentional task. In cases of patients, after taking of methylphenidate, QEEG was recorded on both conditions.

Results :

1) In attention test, normal controls had better scores in response time and variabilities of response

time than those of patients with attention deficit hyperactivity disorder without taking methylphenidate. After taking medication, scores of omission, response time and variabilities of response time were significantly improved, comparing to scores without taking medication. No differences were recognized between the controls and patients with taking medication in scores of attention test.

2) In resting condition, spectral EEG revealed baseline activity levels of patients were significantly increased comparing to those of controls.

3) Analysis of delta wave revealed that amplitudes of controls were significantly elevated in parieto-occipital area during performance of attentional task. But in patients, localized activated area related to attentional task was not remarkable.

4) Theta activity of controls were significantly elevated in right frontal, right temporal, and both parieto-occipital areas during performance of attentional task. But in patients without taking medication, localized activated area related to attentional work was not remarkable. After taking medication, right frontal, right temporal, and both parieto-occipital areas were significantly activated.

5) Alpha activities of controls were significantly increased in parieto-occipital area during performance of attentional task, but those of patients without taking medication were increased in broad area.

6) Beta activities of controls were significantly increased in frontal area during attentional performance, but those of patients without taking medication were significantly increased in most of the brain areas. After taking medication, significantly increased activities related to attentional task were recognized in left frontal, and both temporal areas. Localized activated patterns similar to those of controls were recognized.

Conclusion：Based on the results of this research, it is suggested that patients with attention deficit hyperactivity disorder have increased baseline brain activity. In controls, brains showed localized response to a attentional stimuli, and functional changes related to attentional stimuli were recognized in frontal, and parieto-occipital areas. But, patients failed in showing appropriate localized activated response to attentional stimuli. It is concluded that frontal and parieto-occipital areas have some deficit responsible for the attentional dysfunction of attention deficit hyperactivity disorder.

KEY WORDS：Attention deficit hyperactivity disorder · Attention deficit · Quantitative EEG · Localized functional change · Frontal lobe · Parieto-occipital lobe.